

Оптимальное управление порожними вагонами различных форм собственности

К.Р. Рахимов
ФГБОУ ВПО ПГУПС, Санкт-Петербург

Введение

Для Российских железных дорог, парк универсальных вагонов является важным сегментом, ведь на полувагоны приходится более 50% сетевой погрузки и почти две трети (57%) грузооборота. При этом универсальный парк растет наиболее динамичными темпами: за последние пять лет он увеличился почти в 1,5 раза и достиг 480 тыс. ед. В то же время погрузка в полувагоны в 2011 году была на 11% ниже, чем в 2006-м (31 тыс. ед. в сутки), что свидетельствует о снижении эффективности использования вагонного парка в условиях изменения формы собственности. Еще один факт: доля порожнего пробега полувагонов увеличилась с 27% в 1988 году до более чем 40% в 2011-м. Это вызвано нерациональными перевозками порожних вагонов, принадлежащих множеству собственников и операторов, значительно увеличившими нагрузку на инфраструктуру [1].

В 20 декабря 2011 года Правительством РФ было принято постановление №1051, которое установило порядок привлечения в аренду универсальных полувагонов ОАО «Вторая грузовая компания» и других собственников подвижного состава под управление единого перевозчика РЖД.

Во исполнение правительственного постановления в течении февраля-марта 2012 года на базе ресурсов ОАО «ВГК» был сформирован парк ВСП (вагоны собственные привлеченные). Между РЖД и ВГК подписан договор, регулирующий порядок и условия привлечения перевозчиком 107 тыс. полувагонов своей дочерней компании.

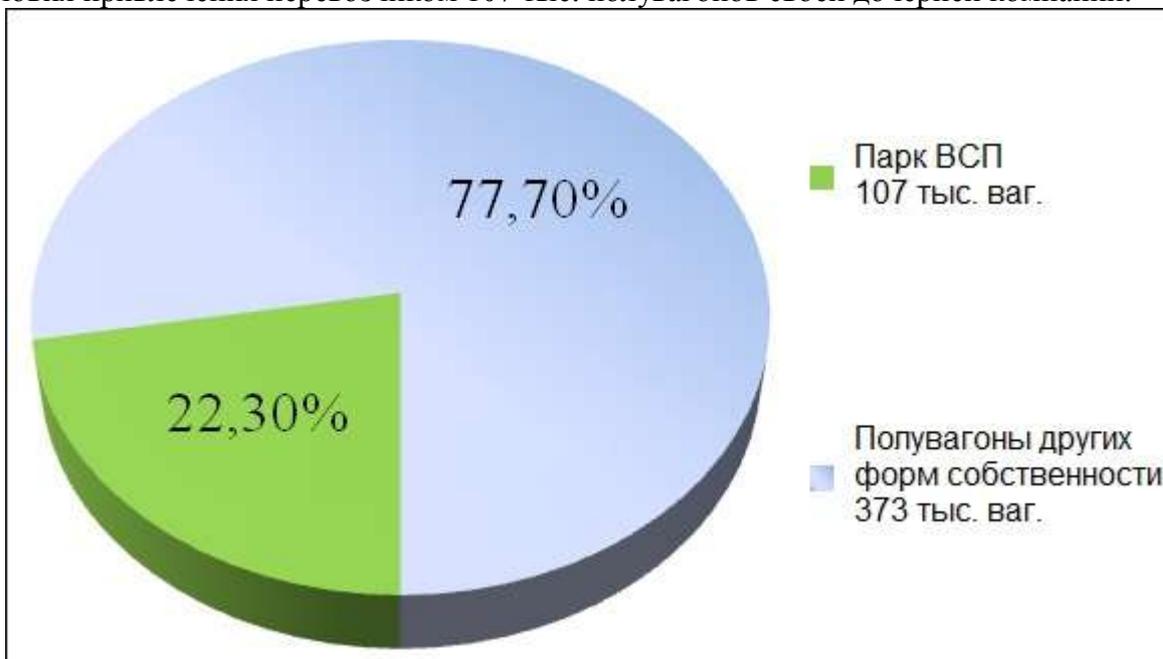


Рис. 1. Соотношение парка полувагонов ВСП к общему парку полувагонов в процентном исчислении.

Как известно, управление привлеченными полувагонами осуществляется на принципах обезличенности, что позволяет снизить влияние таких негативных факторов, как длительные простои порожнего приватного подвижного состава в

ожидании наиболее выгодных перевозок, массовое встречное перемещение однотипного порожняка, принадлежащего разным собственникам, увеличение сортировочной работы и т.д.[2].

Постановка задачи

Поскольку управление порожними вагонами является транспортной задачей, рассмотрим задачу, где участвуют вагоны различных форм собственности.

Пусть в пунктах A_1, A_2, \dots, A_m находятся порожние вагоны, причем в пункте A_i находится, соответственно, a_i вагонов под управлением перевозчика (вагоны парка ВСП) и a_i^* вагонов других форм собственности (фирм, иностранных и т. д.).

Эти вагоны должны быть поданы под погрузку в пункты B_1, B_2, \dots, B_n , причем заявки этих пунктов составляют, соответственно, b_1, b_2, \dots, b_n вагонов. В общем случае исходными данными являются:

Удобно задачу представить в табличном виде:

Таблица 1

A_i	B_j	B_1	...	B_n	Запасы
A_1		C_{11}	...	C_{1n}	a_1
		C_{11}^*	...	C_{1n}^*	a_1^*
A_2		C_{21}	...	C_{2n}	a_2
		C_{21}^*	...	C_{2n}^*	a_2^*
...	
A_m		C_{m1}	...	C_{mn}	a_m
		C_{m1}^*	...	C_{mn}^*	a_m^*
Заявки		b_1	...	b_n	

Задача, отображающая таблицу, не является классической транспортной задачей и не может быть решена методами решения транспортных задач из-за наличия в пунктах отправления принципиально разных вагонов с точки зрения затрат на перемещение этих вагонов в пункты назначения. Однако, эта задача может быть преобразована в другую, которая уже будет классической транспортной задачей.

Идея преобразования состоит в том, чтобы реальным пунктам A_1, A_2, \dots, A_m поставить в соответствие эти пункты, но с запасами a_1, a_2, \dots, a_m и, якобы другие, но по существу те же пункты с другими индексами $A_{m+1}, A_{m+2}, \dots, A_{m+m}$ с запасами $a_1^*, a_2^*, \dots, a_m^*$ и соответствующими стоимостями перемещений вагонов. Тогда вышеприведенная таблица преобразуется в таблицу

Таблица 2

A_i	B_j	B_1	...	B_n	Запасы
A_1		C_{11}	...	C_{1n}	a_1
...	
A_m		C_{m1}	...	C_{mn}	a_m
A_{m+1}		C_{11}^*	...	C_{1n}^*	a_1^*
...	

A_{m+m}	C_{m1}^*	...	C_{mn}^*	a_m^*
Заявки	b_1	...	b_n	

Задача, соответствующая этой таблице, уже может быть решена методами решения транспортной задачи.

Пример

Решить задачу оптимального управления порожними вагонами, заданную следующей таблицей

Таблица 3

A_i	B_j	B_1	B_2	B_3	Запасы
A_1		100	80	90	35+30
	A_1	260	190	210	
A_2		110	90	100	70+25
	A_2	220	300	280	
Заявки		40	55	45	160
	Заявки				140

В соответствии с предложенным выше алгоритмом для вагонов других форм собственности из пункта A_1 вводим фиктивный пункт A_3 , а для соответствующих вагонов из пункта A_2 – фиктивный пункт A_4 . Кроме того, так как суммарное число заявок (140) меньше суммарного числа запасов (160), то для приведения задачи к классической транспортной задаче вводим фиктивный пункт назначения B_4 с заявкой 20 ($160-140=20$) и с нулевыми стоимостями перевозок. Тогда задача преобразуется в задачу, представленную таблицей

Таблица 4.

A_i	B_j	B_1	B_2	B_3	B_4	Запасы
A_1		100	80	90	00	35
A_2		110	90	100	00	70
A_3		260	190	210	00	30
A_4		220	300	280	00	25
Заявки		40	55	45	20	160

Эта задача является классической сбалансированной транспортной задачей, и она может быть решена методами решения этой задачи.

Начальный базисный план будем получать по методу наименьшей стоимости по строчкам. Этот план представлен нижеприведенной таблицей 5.

Значение критерия (стоимость перевозок) для этого базисного плана будет равно:

$$f(X_0) = 80 \times 35 + 110 \times 05 + 90 \times 20 + 100 \times 45 + 260 \times 30 + 220 \times 05 + 00 \times 20 = 18550.$$

Чтобы улучшить этот базисный план или убедиться, что план оптимальный, применим метод потенциалов. Выберем для пунктов отправления A_i потенциалы - u_i , а для пунктов назначения B_j , соответственно, потенциалы v_j . Составим систему уравнений для потенциалов, основываясь на базисных клетках таблицы 5:

$$\begin{aligned} v_2 - u_1 &= 80, & v_1 - u_2 &= 110, & v_2 - u_2 &= 90, & v_3 - u_2 &= 100, \\ v_1 - u_3 &= 260, & v_1 - u_4 &= 220, & v_4 - u_4 &= 0. \end{aligned}$$

Таблица 5

A_i	B_j	B_1	B_2	B_3	B_4	Запасы
A_1		100	80	90	00	35
A_2		110	90	100	00	70
A_3		260	190	210	00	30
A_4		220	300	280	00	25
Заявки		40	55	45	20	160

Полагая $u_1 = 0$, для остальных значений потенциалов из этой системы получим: $v_2 = 80$, $v_1 = 100$, $u_2 = -10$, $v_3 = 90$, $u_3 = -160$, $u_4 = -120$, $v_4 = -120$. Вычислим теперь значения псевдостоимостей $\hat{C}_{ij} = v_j - u_i$ для свободных клеток: $\hat{C}_{11} = 100$, $\hat{C}_{13} = 90$, $\hat{C}_{14} = -120$, $\hat{C}_{24} = -110$, $\hat{C}_{32} = 240$, $\hat{C}_{33} = 250$, $\hat{C}_{34} = 40$, $\hat{C}_{42} = 200$, $\hat{C}_{43} = 210$, $\hat{C}_{44} = 0$. Для всех свободных клеток, кроме трех, выполняются неравенства $\hat{C}_{ij} \leq C_{ij}$. Для клеток (3,2), (3,3) и (3,4) имеет место противоположный знак. На основе клетки (3,2) осуществим циклическое перемещение перевозок с целью получения лучшего базисного плана. Переместим 20 единиц груза (20 вагонов) из базисной клетки (2,2) в свободную клетку (3,2), затем для соблюдения баланса из 30 вагонов клетки (3,1) 20 вагонов переместим в клетку (2,1). Цикл замкнулся. Новый базисный план, соответствующий этим перемещениям в таблице, представлен в новой таблице:

Таблица 6

A_i	B_j	B_1	B_2	B_3	B_4	Запасы
A_1		100	80	90	00	35
A_2		110	90	100	00	70
A_3		260	190	210	00	30
A_4		220	300	280	00	25
Заявки		40	55	45	20	160

Значение критерия для этого базисного плана равно:

$$f(X_6) = 80 \times 35 + 110 \times 25 + 100 \times 45 + 260 \times 10 + 190 \times 20 + 220 \times 05 + 00 \times 20 = 17550.$$

Как видно из значения критерия полученный базисный план лучше предыдущего плана. Проведав еще несколько итераций в методе потенциалов, получим базисный план, соответствующий таблице:

Таблица 7

A_i	B_j	B_1	B_2	B_3	B_4	Запасы
A_1		100	80	90	00	35
A_2		110	90	100	00	70
A_3		260	190	210	00	30
A_4		220	300	280	00	25
Заявки		40	55	45	20	160

A_2	110 35	90	100 35	00	70
A_3	260	190 30	210	00	30
A_4	220 05	300	280	00 20	25
Заявки	40	55	45	20	160

Составляя систему уравнений для потенциалов базисных клеток этой таблицы, получим:

$$v_2 - u_1 = 80, v_3 - u_1 = 90, v_3 - u_2 = 100, v_1 - u_2 = 110, \\ v_2 - u_3 = 190, v_1 - u_4 = 220, v_4 - u_4 = 00.$$

Решая эту систему, для потенциалов получим следующие значения:

$$u_1 = 0, v_2 = 80, v_3 = 90, v_1 = 100, u_2 = -10, \\ u_3 = -110, u_4 = -120, v_4 = -120.$$

Отсюда для псевдостоимостей свободных клеток получим:

$$\hat{C}_{11} = 100, \hat{C}_{14} = -120, \hat{C}_{22} = 90, \hat{C}_{24} = -110, \hat{C}_{31} = 220, \\ \hat{C}_{33} = 200, \hat{C}_{34} = -10, \hat{C}_{42} = 200, \hat{C}_{43} = 210.$$

Нетрудно убедиться, что для всех клеток выполняются условия, $\hat{C}_{ij} \leq C_{ij}$, а это означает, что полученный базисный план является оптимальным. Итак, 40 вагонов, необходимых для пункта B_1 , доставляются в этот пункт следующим образом – 35 вагонов перевозчика из пункта A_2 и 5 вагонов других форм собственности из этого же пункта; соответственно, 55 вагонов для B_2 доставляются – 25 вагонов перевозчика из пункта A_1 и 30 вагонов других форм собственности из этого же пункта; аналогично, 45 вагонов для B_3 доставляются – 10 вагонов перевозчика из пункта A_1 и 35 вагонов перевозчика из пункта A_2 . В фиктивный пункт назначения из-за нулевой стоимости перевозок ничего не направляется, 20 вагонов других форм собственности остаются в пункте A_2 .

Заключение

Классические методы решения транспортных задач используются довольно с долгих времен, и считаются самыми эффективными. И в нынешних условиях применения таких методов, безусловно, принесут положительные результаты в организации порожних вагонопотоков.

Литература

1. Управление парками: адаптация к современным условиям. Интервью с вице-президентом ОАО «РЖД» Анатолием Краснощеком. РЖД-Партнер №9 (229) май 2012. С 66-69.
2. Нам требуется гибкая политика. Интервью с первым вице-президентом ОАО «РЖД» Вадимом Морозовым. РЖД-Партнер №7 (227) апрель 2012. С 16-19.